

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-358634

(43)Date of publication of application : 24.12.2004

(51)Int.Cl. B25J 15/08
G01L 1/22
// G01L 5/00

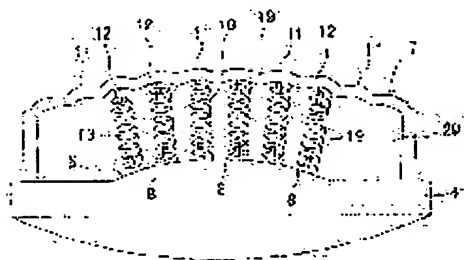
(21)Application number : 2003-162557 (71)Applicant : SANO AKITO
FUJIMOTO HIDEO
(22)Date of filing : 06.06.2003 (72)Inventor : SANO AKITO
FUJIMOTO HIDEO

(54) SOFT FINGER WITH BUILT-IN TACTILE SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a soft finger with a built-in tactile sensor which accurately grasps a friction coefficient of an article to be gripped, and is applicable to a robot hand in a medical field and the like.

SOLUTION: Fingers 2, 2 of a robot hand 1 are formed into a hollow shape having a curved face with a covering element 7 at a tip projected outward by silicone rubber. Tactile sensors 19, 19 and the like comprising a coil spring 9 with a strain gage for detecting a bending moment and a strain gage for detecting a torsion moment adhering thereto are installed inside the covering element 7 approximately vertical to a surface of the covering element 7. Inside of the covering element 7 is filled with silicone gel.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-358634

(P2004-358634A)

(43) 公開日 平成16年12月24日(2004. 12. 24)

(51) Int. Cl. ⁷	F 1			テーマコード (参考)
B 2 5 J 15/08	B 2 5 J 15/08	W		2 F 0 4 9
G 0 1 L 1/22	G 0 1 L 1/22	Z		2 F 0 5 1
// G 0 1 L 5/00	G 0 1 L 5/00	Z		3 C 0 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-162557 (P2003-162557)	(71) 出願人	501360278
(22) 出願日	平成15年6月6日 (2003. 6. 6)		佐野 明人
(特許庁注：以下のものは登録商標)			岐阜県本巣郡北方町北方2300番地の2
ハーモニックドライブ		(71) 出願人	501359560
			藤本 英雄
			愛知県名古屋市市中区金山一丁目8番19号
			ジャルダン新金山201
		(74) 代理人	100078721
			弁理士 石田 喜樹
		(72) 発明者	佐野 明人
			名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学
			内
		(72) 発明者	藤本 英雄
			名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学
			内
			最終頁に続く

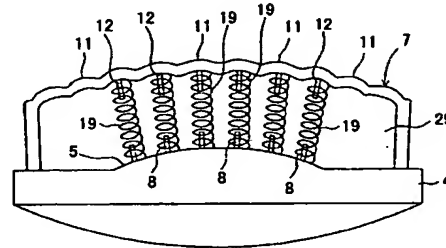
(54) 【発明の名称】 触覚センサー内蔵ソフトフィンガー

(57) 【要約】

【課題】 把持する物体の摩擦係数を正確に把握することが可能であり、医療分野等のロボットハンドへの適用が可能な触覚センサー内蔵フィンガーを提供する。

【解決手段】 ロボットハンド1のフィンガー2、2は、先端の被覆体7が、シリコンゴムによって、外向きに突出した曲面を有する中空状に形成されている。また、被覆体7の内部には、曲げモーメント検知用のひずみゲージおよびねじりモーメント検知用のひずみゲージを貼着したコイルバネ9からなる触覚センサー19、19・・・が、被覆体7の表面に対して略垂直となるように設置されている。さらに、被覆体7の内部には、シリコンゲルが充填されている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物体を把持するロボットハンドに搭載されるフィンガーであって、先端の把持部が、弾性部材によって、外向きに突出した曲面を有する中空状に形成されており、ひずみゲージを貼着したコイルバネからなる触覚センサーが、前記把持部の表面に対して略垂直となるように前記把持部の内部に設置されているとともに、前記把持部の内部に、前記弾性部材より軟質な物質が充填されており、把持部の表層と内部とが非均一な構造になっていることを特徴とする触覚センサー内蔵ソフトフィンガー。

【請求項 2】

把持部の表面が、蛇腹状構造を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の触覚センサー内蔵ソフトフィンガー。

【請求項 3】

把持部の内部に充填された物質が、ゲル状のシリコン樹脂であることを特徴とする請求項 1、または請求項 2 に記載の触覚センサー内蔵ソフトフィンガー。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、物体を把持するロボットハンドに搭載するフィンガーに関するものであり、詳しくは、医療用途に好適に用いることが可能な触覚センサーを内蔵したソフトタイプのフィンガーに関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

ロボットハンドによって物体を把持する場合には、その物体が滑り落ちたり、潰れてしまったりしないように、物体の摩擦係数や重量等の性状に応じた適度な力で物体を把持する制御が必要である。それゆえ、ロボットハンド用のフィンガーの中には、把持する物体の性状を認識するための触覚センサーを先端に内蔵したものがある。かかる触覚センサー内蔵タイプのフィンガーとして、物体を把持する部分を弾性部材によって形成するとともに、ひずみゲージを貼着した板バネを触覚センサーとして弾性部材の内部に鉛直方向に沿って平行に配置させ、ひずみゲージによって検知されたせん断ひずみ量から物体の摩擦係数を推測し、把持動作の制御にフィードバックさせることができるようにしたものが知られている（たとえば、特許文献 1）。

【0003】**【特許文献 1】**

特開 2000-254884

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上記従来の触覚センサー内蔵フィンガーは、触覚センサーがひずみゲージを貼着した板バネであるため、一定の方向（鉛直方向）に加わるせん断ひずみを検知することができるものの、その他の方向に加わるひずみを検知することができない。したがって、把持する物体の摩擦係数を正確に把握することができない。それゆえ、上記従来の触覚センサー内蔵フィンガーは、医療分野のような繊細な触覚が必要とされる用途のロボットハンドへの適用が困難である。

【0005】

本発明の目的は、上記従来の触覚センサー内蔵フィンガーが有する問題点を解消し、把持する物体の摩擦係数を正確に把握することが可能であり、医療分野等のロボットハンドへの適用が可能な触覚センサー内蔵フィンガーを提供することにある。

【0006】**【課題を解決するための手段】**

かかる本発明の構成のうち、請求項 1 に記載された発明の構成は、物体を把持するロボッ

10

20

30

40

50

トハンドに搭載されるフィンガーであって、先端の把持部が、弾性部材によって、外向きに突出した曲面を有する中空状に形成されており、ひずみゲージを貼着したコイルバネからなる触覚センサーが、前記把持部の表面に対して略垂直となるように前記把持部の内部に設置されているとともに、前記把持部の内部に、前記弾性部材より軟質な物質が充填されており、把持部の表層と内部とが非均一な構造になっていることにある。

【0007】

請求項2に記載された発明の構成は、請求項1に記載された発明において、把持部の表面が、蛇腹状構造を有していることにある。

【0008】

請求項3に記載された発明の構成は、請求項1、または請求項2に記載された発明において、把持部の内部に充填された物質が、ゲル状のシリコン樹脂であることにある。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る触覚センサー内蔵ソフトフィンガー（以下、単にフィンガーという）の一実施形態を、図面に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明に係るフィンガーを用いたロボットハンドを示したものであり、ロボットハンド1は、2つの関節を有する2つのフィンガー2、2、基台13、図示しない制御装置等によって構成されている。各フィンガー2、2は、第一アーム15、第二アーム16、第三アーム17、第一アクチュエータ3a、第二アクチュエータ3b、ヘッド部材18等によって構成されている。

【0010】

第一アーム15は、基台13の表面に対して略直角となるように固着されており、その第一アーム15の先端に、第二アーム16の基端が、回動可能に枢着されている。また、第二アーム16の先端には、第三アーム17の基端が、回動可能に枢着されている。そして、第二アーム16の基端（第一アーム15の先端）に、第一アクチュエータ3aが設置されており、第三アーム17の基端（第二アーム16の先端）に、第二アクチュエータ3bが設置されている。アクチュエータ3a、3bには、それぞれ、交流式のサーボモーター（定格出力1.4W）、ハーモニックドライブギア（減速比1/80）、光学式のエンコーダー（分解能128P/R）等が内蔵されている。

【0011】

さらに、ヘッド部材18のフレーム6には、金属によって扁平な直方体状（長さ×幅＝約30mm×約20mm）に形成された支持台4が固着されている。そして、その支持台4の前側には、シリコンゴム（信越化学工業社製 KE-116）によって形成された被覆体（把持部）7が装着されている。

【0012】

図2は、被覆体7の斜視図であり、被覆体7は、上面を球面状に膨出させた形状に形成されている。そして、長手方向の曲率半径、幅方向の曲率半径が、それぞれ、約34mm、約14mmに調整されている。また、上面の中央部分に、楕円状の接触部14が設けられており、その接触部14には、複数の曲面状突起11、11・・・が、格子状に突設されている。

【0013】

一方、図3は、ヘッド部材18の中央部分（幅方向における中央部分）の鉛直断面を示したものであり、被覆体7は、厚さ約2.0mmのシート状に形成されている（中空状になっている）。また、曲面状突起11、11・・・の突出形状に合わせて内面が没入した状態になっている（すなわち、蛇腹状構造を有している）。加えて、被覆体7の中央の内面には、長手方向に沿って6個の係合突起12、12・・・が設けられており、それらの係合突起12、12・・・には、触覚センサー19、19・・・が嵌め込み設置されている。

【0014】

一方、支持台4の中央には、楕球状の隆起部5が設けられている。そして、その隆起部5には、長手方向に沿って、6個の係合突起8、8・・・が突設されている。そして、それらの係合突起8、8・・・には、各触覚センサー19、19・・・の基端が嵌め込まれた状態に

10

20

30

40

50

なっている。さらに、被覆体 7 の内部（被覆体 7 と支持台 4 とによって閉塞された空間）には、ゲル状のシリコン樹脂（シリコンゲル、信越化学工業社製 KE104-Gel）29 が充填されている。

【0015】

図 4（a）は、触覚センサー 19 の正面を示したものであり、触覚センサー 19 は、断面円形の線素を巻回させたコイルバネ 9（バネ線直径＝約 0.26 mm、バネ長さ＝約 5.0 mm、バネ直径＝約 2.0 mm、）の下端際に、ひずみゲージ 10a、10a、および、ひずみゲージ 10b、10b を貼着し、コイルバネ 9 の上端際に、ひずみゲージ 10c、10c、および、ひずみゲージ 10d、10d を貼着したものである。なお、ひずみゲージ 10a～10d は、すべてシート状の同一タイプのもの（共和電業社製 KFR-02N-120-C1-16 N10C2）である。

【0016】

また、図 4（b）は、コイルバネ 9 の下端際におけるひずみゲージ 10a、10a、ひずみゲージ 10b、10b の貼着部分を上から見た状態を示したものであり、コイルバネ 9 の下端縁においては、ひずみゲージ 10a、10a と、ひずみゲージ 10b、10b とが、コイルバネ 9 の中心軸に対して 90 度の角度をなすように配置されている。一方、図 4（c）は、コイルバネ 9 の上端際におけるひずみゲージ 10c、10c、ひずみゲージ 10d、10d の貼着部分を上から見た状態を示したものであり、コイルバネ 9 の上端縁においては、ひずみゲージ 10c、10c と、ひずみゲージ 10d、10d とが、コイルバネ 9 の中心軸に対して 90 度の角度をなすように配置されている。

【0017】

さらに、図 5（a）は、ひずみゲージ 10a、10a を貼着した線素を示したものであり、ひずみゲージ 10a、10a は、コイルバネ 9 の線素の上下において線素に沿って貼着されている（なお、ひずみゲージ 10b、10b は、ひずみゲージ 10a、10a と同様な配置で貼着されている）。一方、図 5（b）は、ひずみゲージ 10c、10c の貼着部分を示したものであり、ひずみゲージ 10c、10c は、コイルバネ 9 の線素に対して、それぞれ、約 45 度、約 135 度傾斜するように貼着されている（なお、ひずみゲージ 10d、10d は、ひずみゲージ 10c、10c と同様な配置で貼着されている）。また、ひずみゲージ 10a、10a、ひずみゲージ 10b、10b、ひずみゲージ 10c、10c、および、ひずみゲージ 10d、10d のリード線 20、20・・・は、支持台 4 の内部を通して支持台 4 の外部へ導出されている（図 1 参照）。

【0018】

かかる触覚センサー 19 においては、コイルバネ 9 がせん断変形（図 4（a）の矢印 A 方向へ変形）すると、線素に曲げモーメント（図 5（a）の矢印方向のモーメント）が加わり、線素表面が伸縮変形する。コイルバネ 9 の下端際のひずみゲージ 10a、10a およびひずみゲージ 10b、10b は、そのようにコイルバネ 9 がせん断変形する際に、線素に加わる曲げモーメントを感度良く検知する。一方、コイルバネ 9 が伸縮変形（図 4（a）の矢印 B 方向へ変形）すると、線素にねじりモーメント（図 5（b）の矢印方向のモーメント）が加わり、線素表面がせん断変形する。コイルバネ 9 の上端際のひずみゲージ 10c、10c およびひずみゲージ 10d、10d は、そのようにコイルバネ 9 が伸縮変形する際に、線素に加わるねじりモーメントを感度良く検知する。また、ひずみゲージ 10a、10a とひずみゲージ 10b、10b とがコイルバネ 9 の中心軸に対して 90 度の角度をなすように配置されているため、ひずみゲージ 10a、10a・・・およびひずみゲージ 10b、10b・・・がコイルバネ 9 の線素に加わる曲げモーメントを検知できない特異点を生じさせず、コイルバネ 9 がいかなる方向にせん断された場合でも、ひずみゲージ 10a、10a・・・およびひずみゲージ 10b、10b・・・が、コイルバネ 9 の線素に加わるわずかな曲げモーメントをも敏感に検知する。

【0019】

一方、図 6 は、ロボットハンド 1 の制御機構を示したものである。ロボットハンドを制御する制御装置 21 は、CPU 22、メモリ 23 等を有しており、CPU 22 が、I/O イ

10

20

30

40

50

インターフェース 24 を介して、フィンガー 2, 2 のアクチュエータ 3 a, 3 b・・・に内蔵されたサーボモーター 25, 25・・・、エンコーダー 26, 26・・・と接続されている。また、触覚センサー 19, 19・・・に設けられたひずみゲージ 10 a, 10 a・・・、ひずみゲージ 10 b, 10 b・・・、ひずみゲージ 10 c, 10 c・・・、および、ひずみゲージ 10 b, 10 b・・・が、アンプ（増幅器）28 に接続されており、制御装置 21 の CPU 22 が、I/O インターフェース 24 を介して、アンプ 28 と接続されている。また、制御装置 21 の CPU 22 は、I/O インターフェース 24 を介して、入力手段 27 と接続されている。

【0020】

以下、ロボットハンド 1 の作動内容について説明する。ロボットハンド 1 は、入力手段を利用して所定の入力をする、エンコーダー 26, 26・・・、ひずみゲージ 10 a, 10 b・・・からの情報に基づいて、サーボモーター 25, 25・・・を駆動させることによって、第一～第三アーム 15～17 が屈曲し、フィンガー 2, 2 の先端部分が物体の把持（掴持）を行う。

【0021】

摩擦係数の小さい（滑り易い）物体を把持する場合には、図 7（a）の如く、物体 M との接触点を中心として、被覆体 7 の曲面状突起 11, 11・・・が被覆体 7 の表面に沿った方向に動こうとするために、各触覚センサー 19, 19・・・のコイルバネ 9 に、せん断させようとする力（図 4（a）における矢印 A 方向の力）が加わり、線素に曲げモーメントが加わることになる。したがって、摩擦係数の小さい物体 M を把持する場合には、曲げモーメントを検知するひずみゲージ 10 a, 10 a・・・およびひずみゲージ 10 b, 10 b・・・からの検知信号の強度が大きくなる。

【0022】

それゆえ、ひずみゲージ 10 a, 10 a・・・およびひずみゲージ 10 b, 10 b・・・からの検知信号の強度が大きい場合には、制御装置 21 の CPU 22 は、摩擦係数の小さい物体であると判断し、小さな摩擦係数に応じた適切な把持力で物体を把持するように、各アクチュエータ 3 a, 3 b・・・のサーボモーター 25, 25・・・を駆動制御する。

【0023】

一方、摩擦係数の大きい（滑りにくい）物体を把持する場合には、図 7（b）の如く、被覆体 7 の曲面状突起 11, 11・・・に被覆体 7 の表面に沿った力が作用するものの、その力が被覆体 7 と物体との間に働く摩擦力と打ち消し合うために、各触覚センサー 19, 19・・・のコイルバネ 9 に、せん断させようとする力（図 4（a）における矢印 A 方向の力）がほとんど加わらない。したがって、摩擦係数の大きい物体 M を把持する場合には、曲げモーメントを検知するひずみゲージ 10 a, 10 a・・・およびひずみゲージ 10 b, 10 b・・・からの検知信号の強度が小さくなる。

【0024】

それゆえ、ひずみゲージ 10 a, 10 a・・・およびひずみゲージ 10 b, 10 b・・・からの検知信号の強度が小さい場合には、制御装置 21 の CPU 22 は、摩擦係数の大きい物体であると判断し、大きな摩擦係数に応じた適切な把持力で物体を把持するように、各アクチュエータ 3 a, 3 b・・・のサーボモーター 25, 25・・・を駆動制御する。

【0025】

また、物体を把持する場合には、ひずみゲージ 10 c, 10 c およびひずみゲージ 10 d, 10 d が、コイルバネ 9 の伸縮変形に伴って線素に加わるねじりモーメントを感度良く検知することにより、把持力の適切な制御に寄与する。

【0026】

また、ロボットハンド 1 においては、フィンガー 2 が把持動作を実行する際に、シリコンゴムによって中空状に形成された被覆体 7 が、把持する物体と接触した場合に、微小な力で大きく変形して物体との接触面積を大きくすることにより、被覆体 7 に加わる力を正確に触覚センサー 19, 19・・・のコイルバネ 9 に伝達する。したがって、ひずみゲージ 10 a, 10 a・・・およびひずみゲージ 10 b, 10 b・・・による曲げモーメントの検知、

10

20

30

40

50

および、ひずみゲージ 10 c, 10 c・・・およびひずみゲージ 10 d, 10 d・・・によるねじりモーメントの検知が高感度なものとなる。また、被覆体 7 内に充填されたシリコン樹脂 29 が、被覆体 7 の過度の変形を防止するため、ひずみゲージ 10 a, 10 a・・・およびひずみゲージ 10 b, 10 b・・・による曲げモーメントの検知、および、ひずみゲージ 10 c, 10 c・・・およびひずみゲージ 10 d, 10 d・・・によるねじりモーメントの検知が、誤差を含まない正確なものとなる。

【0027】

フィンガー 2, 2 は、上記の如く、先端の被覆体 7 (把持部) が、シリコンゴムによって、外向きに突出した曲面を有する中空状に形成されており、ひずみゲージ 10 a, 10 b・・・を貼着したコイルバネ 9 からなる触覚センサー 19, 19・・・が、被覆体 7 の表面に対して略垂直となるように被覆体 7 の内部に設置されているとともに、被覆体 7 の内部に、シリコンゴムより軟質な物質であるゲル状のシリコン樹脂 (シリコンゲル) 29 が充填されており、被覆体 7 の表層と内部とが非均一な構造になっている。したがって、触覚センサー 19, 19・・・がいかなる方向にせん断された場合でも、ひずみゲージ 10 a, 10 a・・・およびひずみゲージ 10 b, 10 b・・・がコイルバネ 9 の線素に加わるわずかな曲げモーメントをも敏感に検知し、把持する物体の摩擦係数を正確に推測することができる (すなわち、触覚センサー 19, 19・・・が人体の皮膚の内側に位置したマイスナー小体と近似した作用をする)。それゆえ、推測された物体の摩擦係数をロボットハンド 1 による把持動作の制御にフィードバックすることによって、摩擦係数が不明な物体であっても確実に把持することが可能となる。また、触覚センサー 19, 19・・・により、把持する物体の摩擦係数を非常に正確に推測することができるため、繊細な触覚を必要とする医療用のロボットハンドへも好適に使用することができる。

【0028】

また、フィンガー 2, 2 は、被覆体 7 の表面が、蛇腹状構造を有しているため、滑りやすい物体と接触した場合に被覆体 7 が必要以上に横滑りしないので、把持する物体の摩擦係数を誤差なくきわめて正確に予測することが可能となる。

【0029】

さらに、フィンガー 2, 2 は、被覆体 7 の内部に充填された物質が、ゲル状のシリコン樹脂 (シリコンゲル) 29 であるため、被覆体 7 の内部の物質の性状が長期間に亘って安定しているので、長期間に亘って、把持する物体の摩擦係数をきわめて正確に予測することができる。

【0030】

なお、本発明に係るフィンガーの構成は、上記した各実施例の態様に何ら限定されるものではなく、被覆体 (把持部)、ゲル状物質、触覚センサー、支持台、アクチュエータ等の形状・構造等の構成を、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、必要に応じて適宜変更することができる。

【0031】

たとえば、本発明のフィンガーを搭載するロボットハンドは、2 本のフィンガーを搭載したものに限定されず、3 本以上のフィンガーを搭載したものでも良い。また、フィンガーは、サーボモーターによってアームの屈曲動作を実行するものに限定されず、他の駆動装置によってアームの屈曲、伸縮等の作動をするものに変更することも可能である。

【0032】

さらに、被覆体 (把持部) を形成する弾性部材は、シリコンゴムに限定されず、合成ゴムやエラストマー等に変更することも可能である。さらに、中空状の把持部に充填する物質は、ゲル状のシリコン樹脂に限定されず、把持部を形成するシリコンゴムより軟質な合成ゴムや、エラストマー等のシリコンゲル以外のゲル状物質等に変更することも可能である。

【0033】

一方、把持部の内部に設置する触覚センサーの個数は、6 個に限定されず、必要に応じて、適宜増減することができる。また、触覚センサーは、コイルバネに曲げモーメント検知

用のひずみゲージとねじりモーメント検知用のひずみゲージとを設置したものに限定されず、曲げモーメント検知用のひずみゲージのみを搭載したものでも良い。さらに、曲げモーメント検知用のひずみゲージを複数搭載したものに限定されず、曲げモーメント検知用のひずみゲージを1個のみ搭載したものでも良い。加えて、コイルバネの弾性率や形状も、フィンガーの用途に合わせて、適宜変更することができる。

【0034】

【発明の効果】

請求項1に記載されたフィンガーは、先端の把持部が、弾性部材によって、外向きに突出した曲面を有する中空状に形成されており、ひずみゲージを貼着したコイルバネからなる触覚センサーが、把持部の表面に対して略垂直となるように把持部の内部に設置されているとともに、把持部の内部に、弾性部材より軟質な物質が充填されており、把持部の表層と内部とが非均一な構造になっている。したがって、触覚センサーがいかなる方向にせん断された場合でも、ひずみゲージがコイルバネの線素に加わるわずかな曲げモーメントをも敏感に検知し、把持する物体の摩擦係数を正確に推測することができる。それゆえ、推測された物体の摩擦係数をロボットハンドによる把持動作の制御にフィードバックすることによって、摩擦係数が不明な物体であっても確実に把持することが可能となる。また、触覚センサーにより、把持する物体の摩擦係数を非常に正確に推測することができるため、繊細な触覚を必要とする医療用のロボットハンドへも好適に使用することができる。

10

【0035】

請求項2に記載されたフィンガーは、把持部の表面が、蛇腹状構造を有しているため、滑りやすい物体と接触した場合に把持部が必要以上に横滑りしないので、把持する物体の摩擦係数を誤差なくきわめて正確に予測することが可能となる。

20

【0036】

請求項3に記載されたフィンガーは、把持部の内部に充填された物質が、ゲル状のシリコン樹脂であるため、把持部の内部の物質の性状が長期間に亘って安定しているため、長期間に亘って、把持する物体の摩擦係数をきわめて正確に予測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ロボットハンドを示す説明図である。

【図2】被覆体の斜視図である。

【図3】ヘッド部材の断面を示す説明図である。

30

【図4】触覚センサーを示す説明図である。

【図5】ひずみゲージを貼着したコイルバネの線素を示す説明図である。

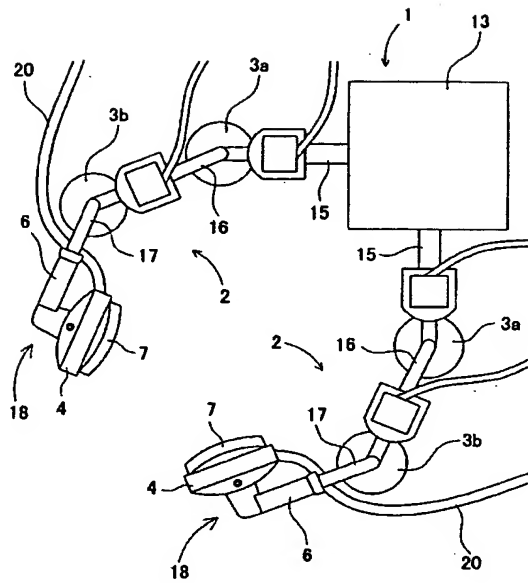
【図6】ロボットハンドの制御機構を示す説明図である。

【図7】物体を把持する際に被覆体が変形する様子を示す説明図である。

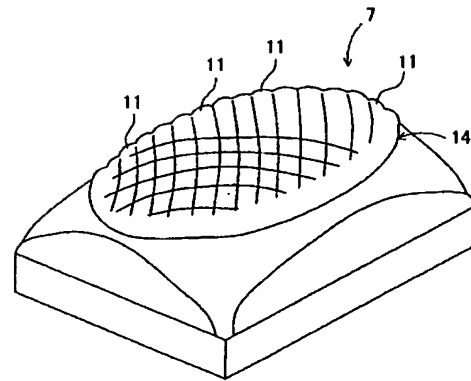
【符号の説明】

1・・・ロボットハンド、2・・・フィンガー（触覚センサー内蔵ソフトフィンガー）、7・・・被覆体（把持部）、9・・・コイルバネ、10a, 10b, 10c, 10d・・・ひずみゲージ、11・・・曲面状突起、19・・・触覚センサー、29・・・シリコン樹脂（ゲル状物質）。

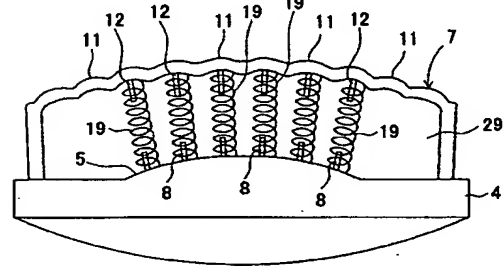
【図 1】



【図 2】

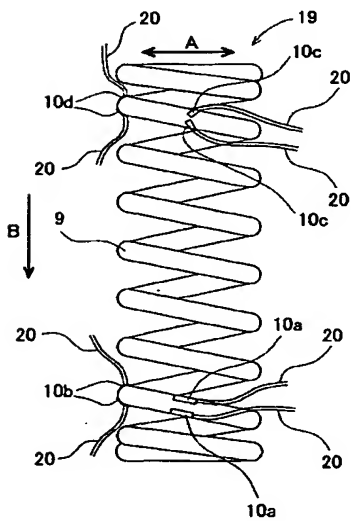


【図 3】

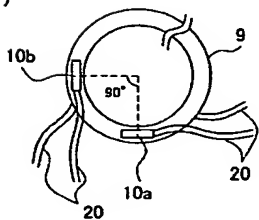


【図 4】

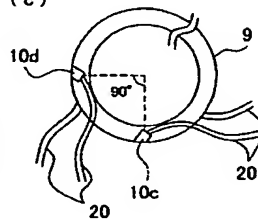
(a)



(b)

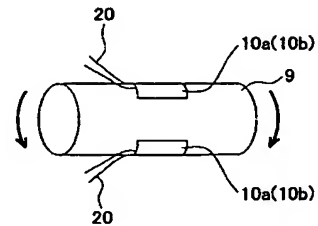


(c)

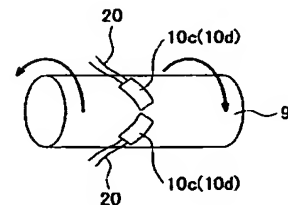


【図 5】

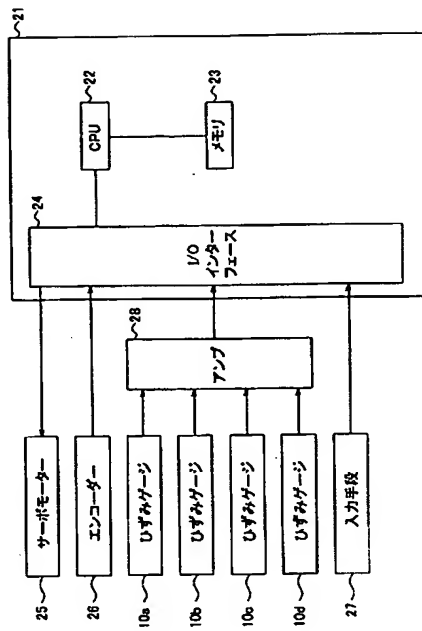
(a)



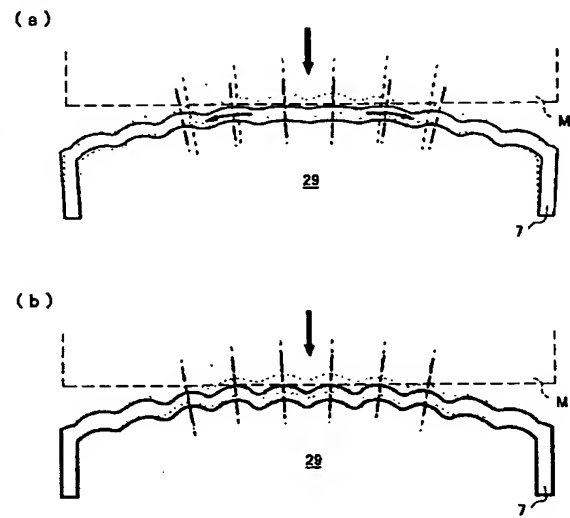
(b)



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F049 CA05

2F051 AA10 AA17 AB09

3C007 AS35 ES08 EU17 EV14 KS31 KS33 KV01 KV06 KX08